

개·보수 유지관리부문의 이산화탄소 배출량 간이 산정방법에 관한 연구

A Schematic Estimation Development of the CO₂ Emission in the Maintenance of Repair of Apartment Housing

이 강 희*
Lee, KangHee

안 용 한**
Ahn, YoungHan

채 창 우***
Chae, ChangU

Abstract

Many activities associated with the construction and habitation of buildings are connected with issues affecting the environment such as global warming, climate change, and consumption of valuable natural resources such as fossil fuels. To minimize negative impacts on the environment, the building industry worldwide has implemented green building practices in many countries. One of the main green strategies is to reduce greenhouse gas emissions caused by residential structures because they are most substantially connected with global warming and climate change.

To determine the actual quantity of green house gas emissions caused by the construction and use of a building, it is important to analyze total greenhouse gas emissions over the life cycle of buildings including construction, operation & maintenance(O&M) and demolition stages. Many studies suggest methods to calculate greenhouse gas emissions at the construction stage, but the literature addressing greenhouse gas emissions at the O & M stage is limited. A year-long study was conducted utilizing the deterioration method to calculate greenhouse gas emissions at the O & M stage of building life for condominium types of buildings in South Korea. Through this research, it is possible to analyze greenhouse gas emissions of buildings at the O & M stage, the longest span of the life cycle, and eventually help to calculate total greenhouse gas emissions over the life cycle of the building.

키워드 : 그린빌딩, 온실가스 배출, 열화, 유지관리, 옥상방수

Keyword : Green building, greenhouse gas emissions, deterioration method, operation and maintenance, roof-proofing

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

지구 온난화는 다양한 경제활동과 산업으로 인해 나타나는 오존층 파괴, 산성우, 이상기후 등을 발생시키는 물질을 생성하는 원인으로 작용하고 있다. 1990년대 이후, 범세계적으로 지구온난화를 줄이기 위해 지속가능한 개발과 방향을 제시하고, 환경오염을 유발하는 산업과 물질을 점차적으로 줄여나가는 등의 다양한 노력을 하고 있다. 이러한 지구온난화 등의 환경오염 저감을 위한 다양한 노력의 일환 가운데, 건축산업은 천연자원 보전과 효율적·효과적인 활용을 위한 산업으로의 전개를 요구받고 있다. 따라서 지구 온난화에 미치는 영향을 줄여나가기 위

해서는 이산화탄소 등의 물질 배출수준을 추정하고, 이를 줄일 수 있는 대안을 탐색하는 것이 필요하다.

건물은 일반 소비재 상품과는 달리, 긴 수명을 가지고 있을 뿐만 아니라, 현장생산, 주문생산 등의 특징을 지니고 있다. 그리고 계획 및 설계단계, 건설단계, 운영 및 유지관리단계, 철거·해체 등의 라이프 싸이클을 갖고 있다. 이 가운데 지구온난화의 기준물질인 이산화탄소 배출에 대한 연구는 건설단계, 철거 및 해체 단계 등이 대부분이다. 그리고 운영 및 유지관리단계에서는 냉난방, 취사 등의 에너지 사용 등의 운영부문에 국한되어 있다. 그러나 개·보수 등의 유지관리부문은 전체 라이프싸이클 단계에서 차지하는 이산화탄소 배출 수준이 상대적으로 적지만, 이를 산정하기 위해서는 건축자재 및 재료 등의 물량, 공사기간 등의 다양한 자료가 요구된다. 이러한 한계는 개·보수 등의 유지관리 부문에 대한 이산화탄소 배출량 추정에 제약으로 작용한다.

본 논문에서는 개·보수 등의 유지관리부문에서 이산화탄소 배출량을 개략적으로 산정하기 위한 방법을 제시하고자 한다. 그리고 이러한 산정방법을 활용하여 사례적용을 통해 이산화탄소 배출량을 산정하고자 한다. 이와 같은 연구결과는 개·보수 등의 유지관리부문에서의 이산화탄소 배출량 산정을 용이하게 할 것이다. 뿐만 아니라,

* Main author, Dept. of Architectural Eng., Andong Nat' l Univ., South Korea (leekh@andong.ac.kr)

** Dept. of Construction Eng., Western Carolina Univ., USA (yonghan77@gmail.com)

*** Corresponding author(cuchae@kict.re.kr), Korea Institute of Construction and Technology, South Korea

개보수 공종사이의 상대적인 이산화탄소 배출량 수준을 비교·분석하여 상대적인 대안을 탐색하는데 효과적으로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

1.2 연구의 방법 및 내용

건물의 개보수를 등을 통해 건물기능을 계속적으로 지하기 위해서는 건축자재 및 재료, 기계 장비 등이 투입된다. 이때, 건축자재, 재료생산과 현장까지 운송, 건설기계 장비 운용 등에 의해 에너지가 소비되는 동시에 이산화탄소가 배출하게 된다. 본 논문에서는 개보수 등의 유지관리 부문에서 발생하는 이산화탄소 배출량을 산정하는 방법을 제시하는 것이다. 이를 위해 본 연구에서는 다음과 같은 연구방법과 내용으로 수행되었다.

첫째, 기존의 산업연관분석법, 열화도를 이용하는 방법 등 개보수 부문의 이산화탄소 배출량 산정방법의 비교, 분석하였다. 이것을 통해 두 가지 방법 각각의 용이성, 한계 등을 제시하였다.

둘째, 앞서의 유지관리부문의 이산화탄소 배출량 산정방법 분석결과를, 비교적 분석과정이 용이한 열화도를 이용한 방법을 선택하였다. 따라서 이것을 활용한 개보수 등 유지관리부문의 이산화탄소 배출량 산정방법을 구축하였다.

셋째, 열화도를 활용한 간이평가방법을 옥상방수에 사례 적용하였다. 이것은 수선시기 등의 자료가 충분히 정립되었을 뿐만 아니라, 여러 재료의 대안을 적용하는 가능하여 간이평가방법 사례적용에 적합한 것으로 판단된다.

2. 개보수 부문 이산화탄소 배출량 산정방법

개보수 등의 유지관리부문의 이산화탄소 배출량 산정은 준공 이후 공중 혹은 부재 등의 수선시기를 설정하고 해당 수선시기에 소요되는 각종 건축자재, 장비 등을 세부적으로 적산하는 것이 필요하다. 이것을 이용하여 재료생산에 따른 에너지 소비량, 장비운용에 따른 에너지 소비량을 추출하고 이산화탄소 배출량을 산정하는 수순으로 이루어진다. 그러나 준공 이후, 해당 수선시기에서 적산자료 확보가 용이하지 않아, 극복할 수 있는 방법이 요구된다. 위와 같은 개보수 등의 유지관리부문의 이산화탄소 배출량 산정방법을 살펴보면 다음과 같다.

2.1 산업연관분석

산업연관분석법은 준공 이후, 해당 수선시기에서 투입되는 건축자재, 재료 등과 투입장비에 대한 에너지 산업 부문을 분석한다. 그리고 여기서 나타난 분석결과를 활용하여 이산화탄소 배출량을 산정하는 것이다. 개보수 등의 유지관리 부문의 이산화탄소 배출량을 산정하는 산업연관분석 흐름과 내용은 크게 7가지 단계로 나눌 수 있다 (<표 1>).

<표 1>에서 공중, 자재의 분류는 유지관리단계에서 이

루어지는 개보수 유형에 대한 분류이다. 일반적으로 개보수 공사에서는 토목공사, 건축공사, 전기설비, 기계설비공사 등으로 구분된다.

개보수는 준공 이후 계속적으로 이루어진다. 이때 수선시기는 내용년한을 범위내에서 일정한 횟수로 설정한다. 수선주기를 설정하게 되면, 내용년한 기간 동안 이루어지는 수선횟수 및 수선에 요구되는 건축자재와 재료의 최종수요를 산출할 수 있다. 개보수에 요구되는 건축자재와 재료의 최종수요는 견적서를 이용하여 산출한다¹⁾. 이때 견적내용은 중량, 부피 혹은 금액 단위로 산출한다.

Table 1. Process of the Input-Output analysis on the maintenance stage.

	contents
1st	Building Synopsis and Characteristics for the analyzed building
2nd	Classification of building components and material
3rd	Calculation of the final demand in building component and materials according to repair cycle
4th	Calculation of the input amount into the each industry of the final demand
5th	Calculation of the input amount in energy industries
6th	Calculation of the energy consumption unit
7th	Calculation of the CO ₂ emission unit

공중별, 재료별 최종수요는 산업연관표상의 산업부문에 대비하여 각각의 건축자재와 재료에 소요되는 내재에너지 소비량을 산출할 수 있다. 산업부문의 에너지 소비량은 건축자재와 재료의 최종수요와 산업연관표를 곱하여 계산한다.

산업연관분석 결과는 건축자재와 재료부문, 에너지 산업부문의 투입량이 계산된다. 여기에서 에너지 산업부문의 투입량을 이용하여 개보수에 투입되는 건축자재와 재료부문에서 요구되는 에너지원별 사용량을 산정한다.

에너지원별 사용량은 공중별, 건축자재와 자재별로 계산된 에너지원 열량을 이용하여 에너지원별 단위열량에 따른 이산화탄소 배출원단위를 곱하면 최종적으로 이산화탄소 배출량이 계산된다. 최종적인 개보수에 투입된 자재, 재료 부문의 이산화탄소 배출량을 이용하여 연면적, 자재 혹은 재료의 중량과 체적, 건축물의 소요 건설비용으로 나누어 각 부문별 이산화탄소 배출 원단위를 작성할 수 있다.

2.2 열화도를 이용하는 방법

건물은 준공 이후에 점차적으로 열화되기 시작한다. 따라서 개보수시 요구되는 회복수준은 이미 진행된 열화도 수준으로 가능할 수 있다. 열화도를 활용하는 것은 개별 공중에 따른 열화도 진행 수준에 대응하여 요구되는 개보수 정도의 비용을 산정한다. 그리고 이것을 이용하여 건설단계에서 투입된 해당공종의 비용을 감안하여 이산화탄소 배출량을 산정하는 것이다.

1) 건물은 내용년한 기간 동안 수선 등의 유지관리행위가 시간적 차이를 두고 발생하는 것으로 이에 대한 보정이 필요하다. 건물의 준공 시점을 기준으로 하여 자재 및 재료에 대한 금액 혹은 물량은 관련 지수나 할인율(discount rate)을 적용하여 보정하는 것이 일반적이다.

열화도는 구성재 각각의 내용년한 기간 동안 물리적, 기능적, 사회적 측면 등 다양한 영향요인에 의해 좌우된다. 이러한 다양한 측면에서 부재 혹은 부위 열화도를 산정하기 위해서는 내용년한 설정이 전제되어야 한다. 내용년한 기간 동안에 열화도 진행수준은 준공 후 경과시간에 따른 성능, 기능의 정도 등으로 설명할 수 있다¹⁾. 반면, 저하된 열화도 수준을 회복하기 위해 성능저하 수준에 대응하는 수선비용이 요구된다. 열화도 수준은 해당 부재, 부위 수선요구의 크기로 설명할 수 있다. 즉, 이미 진행된 열화도 수준을 회복하기 위해 그 만큼의 대응수선이 요구된다는 것이다. 이것은 준공 당시 공중에서 발생하는 이산화탄소 배출량 수준을 1로 가정할 때, 개보수 시기의 열화도 진행수준을 감안하여 준공 당시 이산화탄소 배출량에 비율적으로 적용하는 것이다.

2.3 산정방법의 비교

건물은 준공 이후, 연속적인 개보수 등의 유지관리를 수행하게 된다. 이때, 개보수, 수선 등의 유지관리에 의해 발생하는 에너지 소비와 이산화탄소 배출량은 크게 두 가지 방법으로 산정한다. 하나는 개보수 공사에 투입된 건축자재, 재료, 투입장비 운용에너지 등의 자료를 활용하여 산업연관분석법으로 산정하는 방식이다. 다른 하나는 공중별 개보수 수선주기와 수선율을 감안하여, 준공 당시 해당 공중에서 발생한 에너지 소비와 이산화탄소 배출량을 산정하는 방식이다.

전자의 방식은 에너지 소비와 이산화탄소 배출량 산정 과정이 비교적 간결하고 시간과 비용적인 측면에서 효과적이라는 장점을 지니고 있다. 반면, 적산자료 등 산업연관분석을 수행하기 위한 제반 자료 조사과정에서 많은 인력과 비용이 소요되는 한계를 지니고 있다.

후자의 방식은 산정결과에 대한 정확성은 다소 낮아지는 단점을 지니고 있지만, 준공당시의 산정결과 값을 이용하는 것으로 비교적 계산과정이 단순하다는 장점을 지니고 있다.

따라서 본 논문에서는 개보수 등의 수선주기와 수선율을 활용한 방식으로 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량을 산정하고자 한다. 이것은 개별 공중에 따른 열화도 진행 수준에 대응하여 요구되는 개보수 정도를 산정하고 건설단계에서 투입된 해당공중의 수선요구 수준을 감안하여 이산화탄소 배출량을 산정하는 것이다.

Table 2. Comparison of the estimation

	Input-Output analysis	Deterioration method
required time for analysis	×	○
required data	×	○
result	○	△

1) ○ : good, △ : normal, × : not good

1) 성능저하 수준에 따른 열화도를 설명하기 위해서는 일반화된 성능 측정기준이 작성되어야 한다. 그러나 성능은 하나의 객관적인 형태로 설명하기란 현실적으로 한계가 있다.

3. 간이산정방법 구축

앞서의 산정방법 비교·분석을 통해, 본 연구에서는 열화도를 이용한 방법을 활용하여 이산화탄소 배출량을 산정하였다(〈표 2〉참조). 건물 부재, 부위 등의 열화도를 산정하기 위해서는 내용년한 설정이 전제되어야 한다. 내용년한 기간 동안에 열화도 진행수준은 준공 이후, 경과시간에 따른 성능, 기능의 정도 등으로 설명할 수 있다²⁾. 반면, 저하된 열화도 수준을 회복하기 위해 성능저하 수준에 대응하는 수선이 요구된다.

이러한 연관 관계를 이용하여 열화도 수준은 다음과 같은 과정으로 설명할 수 있다. 우선, 부재 혹은 부위 열화도의 진행은 〈그림 1〉과 같이 설명된다. 시간 경과에 따라 열화가 진행되지만 한계성능 도달시점에서 개보수 등의 수선이 이루어진다. 한계성능은 수선이 이루어질 시점에서 부재, 부위가 성능이 완전히 상실되기 보다는 최소한의 성능은 지닌다는 의미이다.

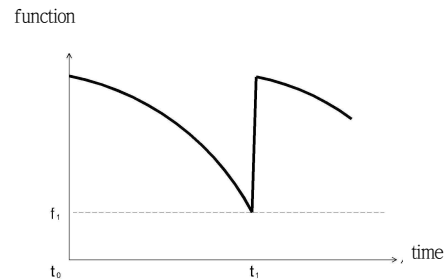


Fig. 1. Relation between the repair and deterioration progress

이것을 해석하기 위해 열화도 진행이 종국적으로는 한계성능(f_1)에 도달한 시점에서 열화도는 100%가 진행된 것으로 간주한다³⁾(〈그림 2〉). 이때 개보수에 투입되는 수선비용은 내용년한 도달 시점에서 열화된 성능을 회복하기 위해 최대를 형성한다. 따라서 이러한 수선비용과 열화도 수준과의 관계를 이용하여 열화도 진행 수준을 설명할 수 있다. 경과시간과 수선비용의 관계는 (식 1)과 같이 표현된다.

$$CC=aT^b \dots \dots \dots (1)^4$$

여기서 CC : 누적수선비용
 T : 경과시간(t_1)을 설명하는 모수
 a, b : 모델계산결과 도출되는 모수

(식 1)에서 보면, 수선비용이 최대가 되는 시점은 내용년한에 도달하는 시점으로 상정할 수 있으며, 이 때 열화

- 2) 성능저하 수준에 따른 열화도를 설명하기 위해서는 일반화된 성능 측정기준이 작성되어야 한다. 그러나 성능은 하나의 객관적인 형태로 설명하기란 현실적으로 한계가 있다.
- 3) 한계성능에 도달한다는 것은 구성재의 성능이 완전히 제거되기 보다는 최소한의 성능수준을 유지한다는 것을 의미한다.
- 4) 대부분의 문헌에서는 시간과 열화의 관계를 비선형함수로 설명하고 있다. 따라서 비선형의 일반적인 형태를 이용하여 모델링을 할 수 있다.

도 수준은 최대(CCF_k)를 형성한다. 따라서 준공 후 열화도 진행수준(F)은 내용년한 도달시점에서의 열화도와 대비하여 경과년수에 따른 열화도 수준으로 나타낼 수 있다. 이것은 (식 2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$F = CCF_n / CCF_k \dots \dots \dots (2)^1$$

여기서 CCF_n : 경과년수에 따른 누적수선비용
 CCF_k : 내용년한 도달시 누적수선비용

(식 2)는 내용년한 도달시 잔여 한계성능에 대한 정보가 없어도 수선비용을 이용하여 열화도를 산정할 수 있는 장점을 지니고 있다. 그리고 (식 2)는 최대 열화수준에 대비하여 작성된 것으로 <그림 2>와 같은 우하향의 형태를 형성하게 된다.

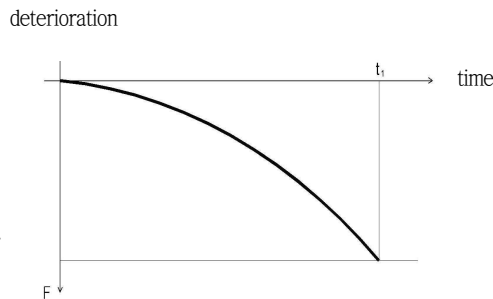


Fig. 2. Progress form of the deterioration

4. 사례적용

산업연관분석법을 이용하여 이산화탄소 배출량을 산정하기 위해서는 공종별 건축자재, 재료 등의 물량적산 자료가 선행되어야 한다. 그러나 이와 같은 자료수집에는 많은 시간과 노력이 동반되는 한계가 있다. 반면, 준공 이후의 열화도 진행수준을 활용하는 방법은 준공 당시의 이산화탄소 배출량 수준을 파악하면, 열화도 진행비율을 감안하여 산정하는 것이다. 이것은 산정을 위한 자료범위가 개·보수 비용 등으로 가능하다는 장점을 지니고 있다.

앞서 열화도 진행정도를 활용하는 방법을 구축하였다. 이것을 이용하여 공동주택의 옥상방수에 사례, 적용하여 개·보수에 따른 이산화탄소 배출량을 산정하였다. 분석을 위한 기본 전제는 다음과 같다.

condition for analysis	· analyzed period : 50 year · research target : roof proofing(apartment) · repair scope/cycle : fully repair/20year
------------------------	---

옥상방수의 개·보수 시기는 현장조사 자료를 활용하였다. 이것은 아파트 관리센터에서 장기수선계획을 수립하면서 작성된 개·보수 시기이다. 이 가운데, 본 연구에서는 방수공사에 사용된 재료는 폴리머 시트방수(high polymer sheet proofing)를 하는 것으로 전제하였으며, 이때 전면 개·보수는 20년 마다 수행하는 것으로 가정하였다.

옥상방수의 열화도 패턴은 다음과 같다. 이때 20년이 경과한 시점에서 열화도 수준은 약 10%수준으로 설정할

Table 3. All the similar types of the roof-proofing construction

type	scope/method	standard provided by the government		result of the collected data		
		repair cycle(yr)	repair ratio(%)	repair cycle(yr) mean(st. deviation)	repair ratio(%) mean(st. deviation)	sample No.
(1) mortar finishings	partly repaired	5	20	5.1(1.0947)	19.6(3.2733)	2,643
	fully repaired	10	100	10.9(2.8444)	99.5(6.5614)	3,116
	partly alteration	-	-	5(-)	20(-)	1
	fully alteration	-	-	13.7(7.5)	100(0)	4
(2) pebble spreading	partly repaired	5	15	5(0)	16.2(4.2349)	24
	fully repaired	-	-	-	-	-
	partly alteration	-	-	-	-	-
	fully alteration	-	-	10(-)	100(-)	2
(3) tile attaching	partly repaired	10	5	9.6(1.9245)	4.8(0.9622)	27
	fully repaired	-	-	0(0)	0(0)	6
	partly alteration	-	-	-	-	-
	fully alteration	-	-	20(-)	100(-)	1
(4) asphalt proofing layer	partly repaired	8	10	9.4(1.8814)	6.6(4.7403)	3,848
	fully repaired	20	100	15.3(9.2231)	75.6(42.8866)	1,681
	partly alteration	-	-	9(2.8604)	14.5(13.7276)	12
	fully alteration	-	-	12.2(10.2054)	65.2(48.6985)	23

1) 이것은 내용년한 도달시점에서의 최대누적수선비용 대비 경과년수에 따른 누적수선비용의 비율로 설명할 수 있다.

수 있다. 따라서 10%수준의 열화도 개선을 위해서는 건

Table 3. (continued)

type	scope/ method	standard provided by the government		result of the collected data		
		repair cycle(yr)	repair ratio(%)	repair cycle(yr)	repair ratio(%)	sample No.
				mean(st. deviation)	mean(st. deviation)	
(4) asphalt proofing layer	partly repaired	8	10	9.4(1.8814)	6.6(4.7403)	3,848
	fully repaired	20	100	15.3(9.2231)	75.6(42.8866)	1,681
	partly alteration	-	-	9(2.8604)	14.5(13.7276)	12
	fully alteration	-	-	12.2(10.2054)	65.2(48.6985)	23
(5) high polymer proofing	partly repaired	5	10	5.0(0.8069)	10.4(4.2757)	768
	fully repaired	15	100	14.9(1.3956)	99.6(5.5403)	988
	partly alteration	-	-	-	-	-
	fully alteration	-	-	22.5(3.5355)	100(0)	2
(6) high polymer sheet proofing	partly repaired	8	20	7.9(0.9706)	19.7(2.6873)	710
	fully repaired	20	100	19.8(1.9929)	99.3(8.3373)	1,001
	partly alteration	-	-	-	-	-
	fully alteration	-	-	20(-)	100(-)	1

설당시의 비용가운데 10%수준을 투입한다는 가정할 수 있다. 따라서 건설단계의 옥상방수에 대한 비용의 10%수준에 대응하는 수준의 이산화탄소가 배출하는 것으로 연산할 수 있다. 이것은 <그림 3>과 같이 나타낼 수 있다.

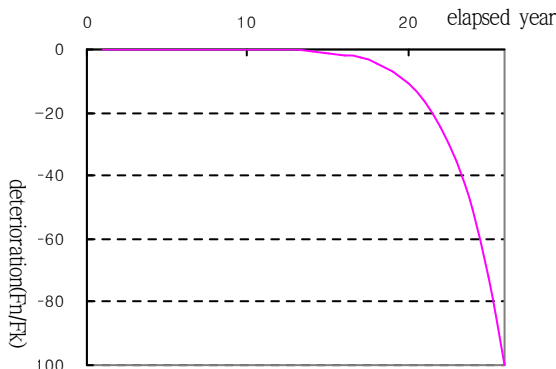


Fig. 3. Deterioration pattern of the roof-proofing^{A)}

Table 4. surveyed data of the carbon-dioxide emission unit

	surveyed sample		CO ₂ emission unit (kg-CO ₂ /yr·m ²)
	total area(m ²)	No. of household	
1	145,182	867	0.80
2	119,595	782	0.49
3	145,294	1,025	0.62
	average		0.64

1) 이강희(2006), “임대공동주택 구성재의 열화도 패턴에 관한 연구”, 한국주거학회논문집 제17권 4호, pp65-73

<표 4>에서 제시하고 있는 공동주택의 이산화탄소 배출 원단위는 기존 분석결과에서 조사한 것이다²⁾. 건설단계 방수공사의 이산화탄소 배출 원단위는 0.49~0.80 kg-CO₂/년·m²의 범위를 형성하고 있다. 이것은 건설당시 평균 0.64 kg-CO₂/년·m²의 이산화탄소 배출원단위를 형성하고 있다.

옥상 방수의 분석전제 조건으로 50년 동안 20년 주기로 전면수리를 수행하면 총 2회의 전면수선 횟수가 발생하는 것으로 나타난다. 따라서 공동주택 건설이후 50년 동안 2회 발생한 수선행위에 따른 이산화탄소 배출량은 다음과 같이 산정된다.

$$\begin{aligned}
 & 50년\ 동안\ 2회\ 의\ 수선행위\ 로\ 인\ 한\ 이\ 산\ 화\ 탄\ 소\ 배\ 출\ 량 \\
 & = 0.64\ kg-CO_2/년\cdot m^2 \times 50년 \times 2회 \\
 & = 64\ kg-CO_2/m^2
 \end{aligned}$$

상기와 같은 산정결과에 의하면 단위면적당 50년 동안 옥상 방수공사에 의해 발생하는 이산화탄소 배출량은 총 64 kg-CO₂/m²으로 산정할 수 있다.

상기와 같이 준공 이후, 열화도 진행수준을 감안하여 건설단계의 공중별 발생하는 이산화탄소 배출량을 열화도 진행에 따른 수선횟수를 곱하여 산정할 수 있다. 이와 같은 산정방법은 건설단계의 옥상방수의 이산화탄소 배출량 자료를 확보하고, 건설이후의 열화도 수준자료를 확보하는 것이 관건이다. 반면, 수선시에 요구되는 재료, 공법 등이 건설 당시와 상이할 경우, 적용하기에는 한계를 지니고 있다.

2) 세대별, 연면적에 따라 이산화탄소 배출원단위가 상이하게 나타나고 있다. 이것은 해당 공동주택에서 사용한 자재, 재료 등이 상이할 뿐만 아니라, 단위세대 규모, 지하층 규모 등의 공간계획 부문에서도 상이함으로써 나타난 결과로 해석할 수 있다. 이와 같은 건물규모 등에 따른 원단위 데이터가 축적될수록 이산화탄소 배출원단위는 수렴할 것으로 사료된다.

출처) 삼성물산(2008), 공동주택 LCCO₂에 관한 연구

5. 결론

건물은 건설단계, 사용 및 유지관리 단계, 철거 및 해체 등의 라이프사이클을 지니고 있다. 본 논문에서는 건물의 라이프사이클 단계 가운데, 개보수 등의 유지관리 부분에서의 이산화탄소 배출량 산정방법을 제시하였다.

개발된 산정방법을 공동주택 옥상방수에 적용하여 사례분석을 수행하였다. 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 개보수 등의 유지관리 부문의 이산화탄소 배출량 산정방법은 크게 산업연관분석법, 열화도를 활용하는 방법을 들 수 있다. 산업연관분석법은 개보수에 투입되는 물량, 건설장비 등의 적산자료가 선행되는 반면, 비교적 안정된 결과를 얻을 수 있다. 반면, 후자는 건설 이후의 열화도 수준에 대한 자료로써 추정하는 것으로 비교적 시간과 비용측면에서 용이하다. 본 논문에서는 열화도 진행수준을 이용한 이산화탄소 배출량 산정방법을 활용하였다.

둘째, 본 논문에서는 열화도를 활용한 이산화탄소 배출량 산정방법을 정립하였다. 이것을 이용하여 공동 주택 옥상방수에 대한 개보수에 따른 이산화탄소 배출량을 사례, 적용하였다. 사례적용 결과, 공동주택 옥상2회 의 전면수리를 전제할 경우, 64 kg-CO₂/㎡의 이산화탄소 배출 원단위를 산정할 수 있다.

이와 같은 연구결과는 개보수 등의 유지관리부문에 대한 이산화탄소 배출량 산정에 효과적으로 활용할 수 있을 것이다. 그러나 공종별 열화도 진행수준에 대한 분석을 위한 방법론이 필요할 뿐만 아니라, 건설단계의 공종별 이산화탄소 배출에 대한 데이터베이스 구축이 연동되는 것이 뒷받침되어야 한다.

건물의 에너지 사용 저감은 환경영향 저감에 직접적인 영향관계를 형성한다. 이를 위해 건물 라이프사이클 과정에서 발생하는 이산화탄소 배출량 수준을 파악하고, 이를 저감할 수 있는 대안기술을 개발하는 것이 중요 하다. 이 가운데, 개보수 등의 유지관리 부문은 준공 이후에 발생하는 것으로 성능과 기능을 유지하기 위해서는 중요한 부분이다. 따라서 이산화탄소 배출량이 건물 전체 배출량에서 차지하는 비율은 상대적으로 적을지라도 분석이 필연적으로 요구되는 부분이다.

Acknowledgement

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MEST)(ERC-2005-0049719)

Reference

[1] 안효성, 안용선(2006)“BTL사업의 유지관리비용 경제성 평가연구”, 대한건축학회 춘계우수논문집 수상논문 개요집, pp361~364 / (Ahn, H. & Ahn, Y.(2008), “A study on the Economic

Evaluation by Running Cost of BTL Project, Architectural Research of Korea for 4thhonors4, pp361~364)
 [2] 정창영(1985), 경제학 원론, pp75~84 / (Jeoung, C.(1985), Principles of Economics, pp75~84)
 [3] 이강희, 채창우(2007), “사무소 건축물 마감재의 열화도 패턴에 관한 연구”, 대한건축학회논문집 구조계, 23권 11호, pp77~84 / (Lee, K. and Chae, C(2007), “Deterioration Pattern of the Finishings in Office building”, AIK Journal in Structural Area23(11), pp77~84)
 [4] 이강희, 채창우(2008), “공동주택 사용부문의 이산화탄소 배출량 추정모델 연구”, 한국생태환경건축학회 논문집 제8권 4호, pp19~ 27 / (Lee, K. Chae, C.(2008), “Estimation Model of the Carbon Dioxide Emission in the Apartment Housing During the Maintenance period”, J. of the Korea Institute of the Ecological Architecture and Environment 8(4), pp19~27)
 [5] 이강희(2006), “임대공동주택 구성재의 열화도 패턴에 관한 연구”, 한국주거학회논문집 제17권 4호, pp65~73 / (Lee, K(2006), “A Study on the Deterioration Patterns of building components in the rental Apartment Housing, J. of Housing 17(4), pp65~73)
 [6] 이강희, 채창우, 박근수(2011), “ 공동주택 공종별 수선시기 설정연구”, 한국주거학회 논문집 제22권 4권, pp83~93 / (Lee, K., Chae, C. and Park, K.(2011), “A Study on the Repair Time of the Construction Type in the Apartment Housings”, J. of Housing22(4), pp83~93)
 [7] Ronald E. Miller and Peter D. Blair(1985), Input-Output Analysis : Foundation & Extension, pp200~205.
 [8] 삼성물산(2008), 공동주택 LCCO₂에 관한 연구 / (Samsung Co.(2008), Report on the LCCO₂ emission on the Apartment Housing)

Received November 20, 2013;

Final revision received December 17, 2013;

Accepted December 23, 2013